Aus dem Institut und der Klinik
für Medizinische Strahlenkunde
der Universität Düsseldorf

(Direktor: Prof. Dr. med. Heinz Vieten)

Die Reduzierung der Gonadenexposition durch Patientenschutzkleidung bei röntgendiagnostischen Maßnahmen

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
Der Medizinischen Fakultät der Universität Düsseldorf

vorgelegt von

Gerhard Vallo

1979

1981

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41536504_0110

Aus dem Institut und der Klinik
für Medizinische Strahlenkunde
der Universität Düsseldorf

(Direktor: Prof. Dr. med. Heinz Vieten)

Die Reduzierung der Gonadenexposition durch Patientenschutzkleidung bei röntgendiagnostischen Maßnahmen

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
Der Medizinischen Fakultät der Universität Düsseldorf

vorgelegt von

Gerhard Vallo

1979

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität Düsseldorf

Der Dekan
der Medizinischen Fakultät
der Universität Düsseldorf

gez.: Prof. Dr. Straßburg

Referent
gez.: Prof. Dr. Günther

Korreferent
gez.: Prof. Dr. Greuel

Inhaltsverzeichnis

		Seite
1.	Einleitung	1
2.	Methodik	4
2.1	Patientenschutzkleidung	4
2.2	Thermolumineszenzdosimeter	7
2.3	Phantom	8
2.4	Versuchsaufbau	9
2.5	Durchführung der Messungen	11
2.6	Einige Meßergebnisse aus der Literatur	19
3.	Diskussion	22
3.1	Die Höhe der Gonadenbelastung	22
3.2	Wirksamkeit des Gonadenschutzes	24
3.2.1	Hodenschutz	24
3.2.2	Ovarschutz	28
3.2.3	Wann ist die Benutzung von Gonadenschutz sinnvoll ?	29
4.	Schlußfolgerungen	3o
5.	Literaturverzeichnis	32

1. Einleitung

Nach dem Bericht der Bundesregierung /1/ beträgt die genetisch signifikante Dosis[1] infolge röntgendiagnostischer Maßnahmen 5o mrem im Jahr 1975. Dies bedeutet den weitaus größten Teil an der gesamten GSD infolge künstlicher Strahlenexposition[2] (6o mrem pro Jahr). Vergleiche mit anderen Ländern deuten daraufhin, daß die durch Röntgendiagnostik bedingte GSD in der Bundesrepublik Deutschland möglicherweise relativ hoch ist /2/. Für die Zukunft wird eine Zuwachsrate an röntgendiagnostischen Maßnahmen von jährlich ca. 2% vorausgesagt /3/. Daher kann mit einem Anwachsen der GSD im entsprechenden Ausmaß gerechnet werden.

Eine Maßnahme, die Strahlenexposition in der Medizin zu verringern, ist nach Ansicht der Bundesregierung /1/ eine Förderung der Aus- und Weiterbildung aller Anwender ionisierender Strahlen in der Medizin.
Speziell in den §§ 2o bis 28 der Röntgenverordnung /4/ befaßt sich der Gesetzgeber mit der "Anwendung von Röntgenstrahlen auf den lebenden Menschen". Im § 22 RöV heißt es u.a., "die Anwendung hat so zu erfolgen, daß die Strahlenbelastung[2] der zu untersuchenden oder zu

---

1) Die genetisch signifikante Dosis ist die Summe der mit dem genetischen Bedeutungsfaktor multiplizierten Keimdrüsendosen für alle Angehörigen einer anzugebenden Personengruppe bei einer anzugebenden Bestrahlungsart, dividiert durch die Gesamtzahl der Bevölkerung oder speziellen Bevölkerungsgruppe, der die von der Bestrahlung betroffenen Personen zugehören /5/.

2) Die Strahlenexposition einer Person oder einer Bevölkerungsgruppe ist jeder Vorgang, durch den eine Körperdosis bei dieser Person bzw. Körperdosen bei Personen dieser Gruppe erzeugt werden.
Von "Strahlenbelastung" anstelle von Strahlenexposition sollte nur gesprochen werden, wenn nachteilige Strahlenwirkungen betont werden sollen /5/.

behandelnden Person so gering wie möglich gehalten wird." Der Einfluß der Parameter, die bei Überlegungen dieser Art bestimmend sind, wie z.B. Strahlenqualität (Röhrenspannung und Filterung), Feldgröße, Fokus-Objekt-Abstand, Lage des Einfallfeldes zu den kritischen Organen, Raster, Bildempfangssysteme und Filmverarbeitungsbedingungen auf die Höhe der Patientendosis ist in der Literatur ausgiebig beschrieben /6/.

Noch nicht hinreichend bekannt und für die Gesamtheit aller röntgendiagnostischen Maßnahmen untersucht ist die Wirksamkeit von Patientenschutzkleidung (z.B. Halbschürzen, Ovarabdeckungen, Hodenkapseln). Es herrscht sowohl auf ärztlicher als auch auf behördlicher Seite eine gewisse Unsicherheit über den effektiven Nutzen und die Art der Anwendung von Patientenschutzkleidung. Im § 25 RöV wird zwar bei Röntgenuntersuchungen im Bereich des Kopfes mit einem auf den Körper gerichteten Nutzstrahlbündel eine Abdeckung des übrigen Körpers und bei Untersuchungen der Gliedmaßen mit der Möglichkeit zur Mitbestrahlung von Teilen des Rumpfes eine Abdeckung des Rumpfes durch Schutzeinrichtungen von mindestens o,4 mm Bleigleichwert verlangt, wobei aber über deren Wirksamkeit bei den verschiedenen Röntgenuntersuchungen oft Diskussionen entstehen. Selbst unter den sonst sehr zahlreichen Empfehlungen der ICRP zum Schutz der Patienten vor ionisierenden Strahlen findet man nur den Hinweis, daß die Gonaden der untersuchten Person abgedeckt werden sollten, "wenn die Keimdrüsen des Patienten innerhalb des Nutzstrahlenbündels liegen müssen, aber tatsächlich nicht bestrahlt werden müssen" /7/.

In vielen Fällen der praktischen Radiologie in Krankenhäusern und Arztpraxen fällt dem Arzt die Umsetzung dieser allgemein gehaltenen Vorschriften /4/ bzw. Empfehlungen /7/

in eine tatsächlich strahlenschutzgerechte Handhabung der Patientenschutzeinrichtungen (nach DIN 6813, /8/) sehr schwer. Diese Erfahrung wurde z.B. auch von den Sachverständigen gemacht, die im Rahmen des § 4 Abs.1 RöV alle medizinischen Röntgeneinrichtungen überprüfen müssen und dabei in vielen Fällen bei Verlangen von Patientenschutzkleidung auf Unsicherheit bei ihrem Gebrauch und Skepsis in bezug auf ihre Wirksamkeit stießen.

Diese Arbeit soll einen Beitrag zur Klärung dieser Schwierigkeiten leisten, indem sie als Gesamtergebnis angibt, konkret in welchen Fällen welche Schutzkleidung zu einer relevanten Reduzierung der Strahlenexposition in der Röntgendiagnostik führen kann.

2. Methodik

2.1 Patientenschutzkleidung

In der DIN 6813 /8/, Regeln für die Herstellung von Röntgen-Schutzkleidung, - Schutzkanzeln und - Schutzwänden, hat der Deutsche Normenausschuß als Patientenschutzkleidung für den Beckenschutz die Schutzschürze oder Schutzhose (für männliche und weibliche Patienten) und die Hodenkapsel bei männlichen Patienten angegeben ; lediglich für intraorale Zahnaufnahmen wird ein gesonderter Patientenschutz vorgeschlagen. Für die Schürze beträgt der vorgeschriebene Bleigleichwert o,5 mm, für die Hodenkapsel 1mm.

Im praktischen Betrieb findet man als Gonadenschutz für den Patienten am häufigsten :

a) Halbschürzen, in der Regel mit einem Hüftspannbügel, der in der Gürtellinie des Patienten angelegt wird. Von dort abwärts bedeckt die Schürze den Rumpf und die Keimdrüsen vollständig und reicht dabei seitlich mindestens bis zur Mitte des Körpers. Diese Halbschürzen sind in verschiedenen Größen erhältlich (Kleinstkinder bis Erwachsene), wobei der Bleigleichwert in der Regel o,5mm beträgt. Die DIN 6813 verlangt einen Bleigleichwert von o,5mm ebenfalls bei den Strahlenschutzhosen, die jedoch gewöhnlich nur zum Schutz kindlicher Patienten Verwendung finden. Ihre Schutzwirkung ist mit derjenigen der Halbschürzen vergleichbar, nur sind sie als kurze Hose geschnitten.

b) Hodenschutzkapseln, die nach der DIN 6813 folgende Forderungen erfüllen müssen:

1. allseitiger Schutz der Hoden und kleinstmögliche Öffnung für den Samenstrang und seine Hülle;

2. Erzeugung eines möglichst kleinen Röntgenschattens, so daß die Bildinformation nicht beeinträchtigt wird;
3. leichte Bedienbarkeit auch durch den Patienten ohne Gefahr von Hautverletzungen;
4. leichte, einwandfreie Reinigungs- und Desinfektionsmöglichkeit;
5. Bleigleichwert von 1mm.

Im Handel angeboten werden folgende Fabrikate, wobei diese Aufzählung keinen Anspruch auf Vollzähligkeit aller auf dem Markt befindlichen Produkte erhebt:

1. Die Testes-Kapsel der Fa. Dr. Goos ist ein fester, nicht flexibler Behälter mit einem Scharniergelenk am unteren Ende. Bei einem Bleigleichwert von 1mm ist sie in vier verschiedenen Größen erhältlich.
2. Aus weichem Material besteht der Gonadenschutz der Fa. Mavig , der zum Reinigen auseinandergeknöpft und mit einem Klettenverschluß jeweils variabel angelegt werden kann. Zwei Größen mit einem Bleigleichwert von 1mm sind vorgesehen, wobei sich dieser Wert an einigen Stellen durch Überlappung verdoppeln kann.
3. Die Fa. Abele und Geiger hat einen zwar relativ komplikationslos zu handhabenden Gonadenschutz auf den Markt gebracht, der die Anforderungen der DIN 6813 insofern aber nicht erfüllt, als er die Hoden nicht allseitig umschließt, sondern nur, an einem Standfuß mit beweglichem Arm befestigt, in Form einer Halbkugel den Hoden schützt, ohne am Patienten aufzuliegen. Der am Gerätearm aufsteckbare Schutz hat einen Bleigleichwert von 1mm und wird in zwei Größen angeboten. Für weibliche Patienten gibt es für den gleichen Ständer zwei unterschiedlich große, aufsteckbare Doppelscheiben mit ebenfalls 1mm Bleigleichwert, die fächerförmig verschoben und somit den entsprechenden Größen angepaßt werden können.

4. Eine Bleigummi-Kapsel mit elastischem Springverschluß und einem Bleiäquivalent von o,5mm bietet die Fa. Dalco in drei Größen an. Dieser Schutz soll auch bei wechselnden Positionen während der Untersuchung seine Lage nicht verändern und aufgrund seiner geringen Abmessungen - er umfaßt nur die Hodensackwurzel - einen kleinen Röntgenschatten werfen.
5. Von Dr. Gäde wurde ein indirekter Gonadenschutz entwickelt, der aus einem 4x2,5cm großen und 2mm dicken, ovalen Bleistück besteht, das in eine Plexiglasplatte eingelassen ist, die wiederum in eine Schiene an der Tiefenblende direkt vor das Lichtvisier geschoben werden kann. Dieser Schutz ist - entsprechend justiert - sowohl für männliche als auch für weibliche Patienten anwendbar, allerdings nur zum Schutz gegen Nutzstrahlung.
6. Für weibliche Patienten wird außerdem von der Fa. Dr.Goos ein Ovarial-Protector hergestellt, der aus einer 1mm dicken Bleischeibe besteht, die in einem PVC-Überzug eingeschweißt und oval geformt ist mit einer schachtartigen Fortsetzung nach oben. Dieser nach Prof. Lorenz /9/ hergestellte Schutz, in sechs Größen angeboten, wird zur Benutzung auf den Unterleib der Patientin aufgelegt.

Bei den in dieser Arbeit durchgeführten Messungen wurden eine Halbschürze mit Hüftspannbügel und einem Bleiwert von o,5mm, die oben beschriebenen Hodenkapseln der Firmen Dr. Goos und Mavig, die Gonadenschutzvorrichtung der Fa. Abele und Geiger und ein Ovarialprotector von Dr. Goos benutzt, und zwar Hodenkapseln und Ovarialprotector bei Untersuchungen des Abdomenbereichs und in allen anderen Fällen die Halbschürze der Fa. Dr. Goos.

2.2 Thermolumineszenzdosimeter

Um die bei verschiedenen Untersuchungen entstehenden, teilweise sehr geringen Strahlendosen mit und ohne Abschirmungen messen zu können, war es angebracht, ein Dosimetersystem zu wählen, dessen Empfindlichkeit sowohl bis in den Bereich von etwa o,1mR[1] als auch in die bei Nutzstrahlungsexpositionen zu erwartende Größenordnung reicht. Thermolumineszenzdosimeter (Abkürzung:TLDs) aus CaF_2 erfüllen diese Anforderungen in idealer Weise: Sie können Dosiswerte von o,1mR bis mehr als $1o^6$R mit tolerabelen Fehlern nachweisen /1o/. Trotz dieses hohen Ansprechvermögens sind ihre Abmessungen so gering, daß sie leicht in das Innere von Phantomen plaziert werden können. Allerdings müssen wegen dieser hohen Strahlenempfindlichkeit CaF_2-Dosimeter bei Lagerung durch Blei vor Umgebungs- und Höhenstrahlung geschützt werden.
Ein gewisser Nachteil der CaF_2 - TLDs ist ihr im Vergleich zu anderen TL-Materialien (z.B.LiF) hohes Fading; d.h. die Abnahme der im Dosimeter gespeicherten Dosisinformation in der Zeit von der Bestrahlung bis zur Auswertung muß berücksichtigt werden. Mit Hilfe entsprechender Diagramme kann dieser Meßverlust jedoch korrigiert werden/1o/.
Das physikalische Grundprinzip des Thermolumineszenzeffektes besteht darin, daß die durch Einwirkung ionisierender Strahlung im TL-Material freigesetzten Elektronen in Gitterfehlstellen eingefangen werden und sich erst bei Erhitzung auf mehrere Hundert Grad Celsius im TLD-Auswertegerät wieder ablösen können. Bei diesem Vorgang wird sichtbares

---

1) Nach dem Gesetz über Einheiten im Meßwesen/11/und einer Richtlinie des Rates der Europäischen Gemeinschaften/12/ ist der alte Name der Einheit der Energiedosis Rad(rd) und der neue Name Gray(Gy), wobei die Beziehung gilt, $1rd = 1o^{-2}Gy$. Für die Einheit der Äquivalentdosis gilt 1rem ≙ 1rd(für Röntgenstrahlung). Der alte Name der Einheit der Ionendosis ist das Röntgen(R), der neue Name der Einheit ist Coulomb x kg^{-1}, wobei die Beziehung gilt, $1R = 2,58 \times 1o^{-4}C \times kg^{-1}$.

Licht emittiert, dessen Intensität ein Maß für die eingestrahlte Dosis ist.

Für diese Arbeit wurden CaF_2-TLDs der Fa. Harshaw mit den Abmessungen 3,2mm x 3,2mm x o,9mm ("Plättchenform") und 1mm x 1mm x 6mm ("Stäbchenform") eingesetzt.
Als Auswertegerät diente der TLD-Detektor 2ooo $A^{(R)}$der Fa. Harshaw, in dem die Lichtemission mittels eines Photomultipliers elektronisch verstärkt wird. Die dort angezeigten Werte in Ladungseinheiten (nCb bzw. µCb) müssen zur Umrechnung in Dosiseinheiten mit einem energieabhängigen Kalibrierfaktor multipliziert werden. Außerdem ist eine Fadingkorrektur erforderlich.
Eine ausführliche Darstellung der CaF_2-TL-Dosimetrie, die u.a. auch Diagramme zum Kalibrierfaktor und zur Fadingkorrektur enthält, gibt eine Arbeit von Liebe./1o/.

2.3 Phantom

Die einzelnen Röntgenuntersuchungen wurden an einem Alderson-Rando-Phantom vorgenommen, das die äußere Form eines 175cm großen und 73,5 kg schweren Mannes hat. Das Material des Phantoms ist, was die unterschiedliche Dichte und Konsistenz des menschlichen Körpers betrifft, in bezug auf die Wechselwirkung mit ionisierender Strahlung gewebeäquivalent.
Um Dosismessungen an vielen Stellen im Innern des Körpers vornehmen zu können, ist das Phantom in 2,5cm dicke Scheiben zerlegbar, in die Öffnungen mit einem Durchmesser von 1mm zur Aufnahme von Dosimetern gebohrt worden sind. Da das Alderson-Rando-Phantom keine Arme und Beine besitzt, mußte es für die Röntgenuntersuchungen der Extremitäten durch mit Wasser gefüllte Arm - und Beinphantome ergänzt werden.

Durch die Verwendung des Alderson-Rando-Phantoms wurden nicht nur umständliche Messungen an Patienten vermieden, sondern man hat auch den zusätzlichen Vorteil, unter standardisierten Bedingungen zu arbeiten und die Möglichkeit von Dosismessungen an nahezu beliebigen, beim Patienten nicht zugänglichen Stellen.

2.4 Versuchsaufbau

Die Messungen zu dieser Arbeit wurden an zwei verschiedenen Orten vorgenommen, und zwar die Mehrzahl, d.h. sämtliche Röntgeneinzelaufnahmen an Schädel, Thorax, Abdomen und Extremitäten, in der ZfS[1] und nur Röntgenschichtaufnahmen, Angiographien und Computertomographien im St. Anna-Hospital, Wanne-Eickel. (Chefarzt der Röntgenabteilung: Dr. Koch).

Bei der in der ZfS verwendeten Röntgeneinrichtung handelt es sich um ein modifiziertes Materialprüf-Röntgengerät der Fa. Philips (MG 150), an dessen Röntgenstrahler eine Tiefenblende mit Lichtvisier der Fa. Siemens angebracht wurde. Damit war eine variable Feldeinstellung möglich. Der horizontale Strahlengang traf das in der Regel aufrecht stehende Phantom je nach Aufnahmetechnik ventral, dorsal oder seitlich. Nur bei Aufnahmen der oberen Extremität war der Strahlengang auf das mit rechtwinklig abduzierten Arm liegende Phantom cranio-caudal gerichtet. In Feldmitte wurde zur Bestimmung der jeweiligen Oberflächendosis eine an ein Standarddosimeter angeschlossene Ionisationskammer TOL/E$^{(R)}$ fixiert. Zwecks korrekten Aufbaus eines medizinischen Röntgenarbeitsplatzes wurde

---

1) ZfS = Zentralstelle für Sicherheitstechnik, Strahlenschutz und Kerntechnik der Gewerbeaufsicht des Landes Nordrhein-Westfalen, Gurlittstr. 53a, 4000 Düsseldorf 1

in Strahlenrichtung gesehen hinter dem Phantom ein Streustrahlenraster befestigt (Abb.1).
Zur Bestimmung der Ovarexposition wurden an den anatomisch entsprechenden Stellen links und rechts im Phantom je zwei CaF_2-TLD-Stäbchen plaziert. Um die Strahlenexposition der Hoden zu ermitteln, wurden 3 CaF_2-TLD-Plättchen, die zwischen zwei Kunststoffscheiben eingelagert waren, in Höhe der Hoden mit einem Klebestreifen befestigt.

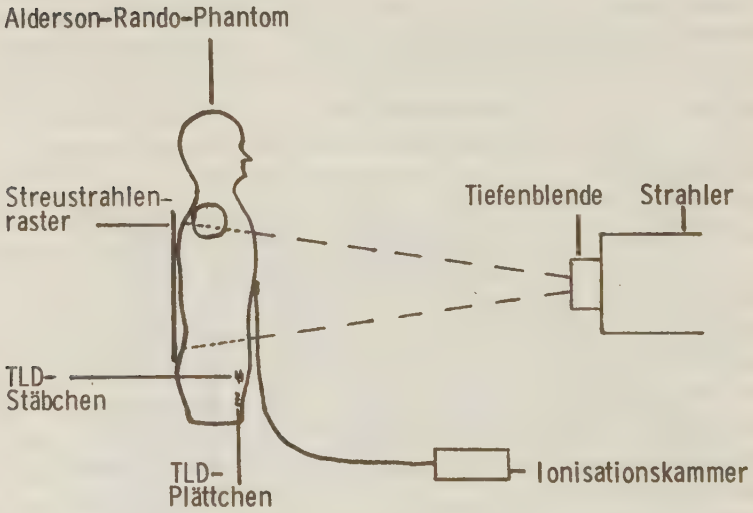

Abb.1 Versuchsaufbau in der ZfS zur Messung der Gonaden-exposition bei Röntgenaufnahmen

Der Versuchsaufbau bei Schichtaufnahmen, Angiographien und Computertomographien war mit dem oben geschilderten vergleichbar, nur lag das Phantom in der Horizontalen. Für die Schichtaufnahmen und Angiographien wurde der "Siregraph A" der Fa. Siemens und für die Computertomographien der "elscint 7oo CT" benutzt.

2.5 Durchführung der Messungen

Das Ziel der folgenden Messungen war es, die Wirksamkeit der im Abschnitt 2.1 aufgeführten Einrichtungen für den Gonadenschutz bei unterschiedlichen röntgendiagnostischen Maßnahmen zu untersuchen. Zu diesem Zweck erfolgten die am Alderson-Rando-Phantom simulierten Röntgenaufnahmen jeweils mit und - unter gleichen Bedingungen - ohne Gonadenschutz. Um die Meßfehler zu verkleinern, wurde das mAs-Produkt im Gegensatz zu den in der Röntgendiagnostik üblichen Werten wesentlich heraufgesetzt. Anschließend erfolgte eine Umrechnung der auf diese Weise ermittelten Ergebnisse auf die den tatsächlichen mAs-Produkten entsprechenden Dosiswerte.

Als Meßergebnisse wurden sowohl die ermittelten Gonadendosen mit und ohne Gonadenschutz, als auch der Reduktionsfaktor , um den die Dosis durch den Gonadenschutz reduziert wurde, angegeben (Tab.1-6).
Dieser Faktor ist definiert als der Quotient aus der Gonadendosis ohne Gonadenschutz und derjenigen mit Gonadenschutz. Dosisangaben werden mit der Einheit der Äquivalentdosis rem bzw. mrem angegeben. Für Röntgenstrahlung ist der Bewertungsfaktor gleich 1, so daß die Einheit der Energiedosis rad mit rem[1)] identisch ist. Als Faktor zur Berechnung

---

1) siehe Fußnote S.7

der Energiedosis bzw. Äquivalentdosis aus der gemessenen Ionendosis mit der Einheit R bzw. mR wurde ebenfalls 1 angenommen, obwohl dieser Wert für Gewebe bei dem röntgendiagnostischen Energiebereich etwas zu groß gewählt ist. Da aber die Ermittlung des Reduktionsfaktors auf eine Quotientenbildung zweier Dosiswerte hinausläuft, hat die Größenordnung von konstanten Faktoren dabei praktisch keinen Einfluß.

Projektion (Untersuchungsart)	Röhrenspannung (kV)	mAs-Produkt	Oberflächendosis (rd)	Gonadenexposition (µrd) ohne Gonadenschutz	Gonadenexposition (µrd) mit Gonadenschutz	Reduktionsfaktor
(S) a.p.	11o	25	1,o	m. 181 w. 74	13 27	14 2,7
p.a.	11o	25	o,9	m. 37 w. 48	37 37	1 1,3
p.a.	7o	64	1,o	m. 26 w. 25	26 28	1 1
seitl.	63	4o	o,6	m. 16 w. 21	15 13	1,1 1,6
(HWS) a.p.	6o	5o	o,8	m. 1o1 w. 32	4 8	>2o 4
seitl.	6o	25	o,1	m. 5 w. 7	4 3	1,3 2,3
(BWS) a.p.	73	8o	2,o	m. 8oo w. 936	16 498	>2o 1,9
seitl.	7o	1oo	3,3	m. 91 w. 838	44 3o1	2,1 2,8

Tab. 1 Gonadenexposition mit und ohne Abdeckung bei Untersuchungen des Schädels(S), der Halswirbelsäule(HWS) und der Brustwirbelsäule(BWS)

Feldgröße am Film: 24cm x 3ocm (S), 18cm x 24cm (HWS), 2ocm x 4ocm (BWS); FFA: 1oocm, seitliche (HWS) 15ocm; Gonadenschutz: Halbschürze

Projektion	Röhren-spannung (kV)	mAs-Produkt	Ober-flächen-dosis (rd)	Gonadenexposition (µrd)		Reduktions-faktor
				ohne Gonaden-schutz	mit Gonaden-schutz	
a.p.	15o	2,5	o,o7	m. 38 W. 53	3 27	13 2,o
p.a.	15o	2,5	o,o7	m. 9 W. 4o	5 32	1,8 1,3
a.p.	12o	5	o,1	m. 61 w. 58	3 28	2o 2,1
p.a.	12o	5	o,1	m. 1o w. 4o	1o 31	1 1,3
a.p.	6o	16	o,o9	m. 5o w. 19	1 4	>2o 5
p.a.	6o	16	o,o9	m. 4 w. 7	4 4	1 1,8
seitl.	15o	2,5	o,o8	m. 14 w. 43	5 22	2,8 2,o
seitl.	12o	5	o,1	m. 16 w. 45	7 22	2,3 2,o
seitl.	7o	25	o,2	m. 16 w. 36	8 11	2,o 3

Tab. 2 Gonadenexposition mit und ohne Abdeckung bei Untersuchungen der Lunge

Feldgröße am Film: 35,5cm x 35,5cm; FFA: 15ocm
Gonadenschutz: Halbschürze;

Projektion (Untersuchungsart)	Röhrenspannung (kV)	mAs-Produkt	Oberflächendosis (rd)	Gonadenexposition (mrd) ohne Gonadenschutz	Gonadenexposition (mrd) mit Gonadenschutz	Reduktionsfaktor
(G) a.p.	63	8o	1,5	m. 1,3 w. 1o,2	o,1 1o,2	13 1
p.a.	63	8o	1,6	m. o,1 w. 5,5	o,o5 5,6	2,o 1
seitl.	77	125	4,8	m. o,5 w. 2o,9	o,o8 2o,9	6 1
(M) p.a.	12o	1o	1,8	m. o,2 w. 5,8	o,o5 6,3	4 1
p.a.	73	1o	o,8	m. o,o2 w. o,9	o,oo5 o,9	4 1
(MD) p.a.	11o	1o	o,5	m. o,3 w. 1o,7	o,1 1o,3	3 1
p.a.	81	25	o,8	m. o,2 w. 9,9	o,o6 9,7	3 1

Tab. 3 Gonadenexposition mit und ohne Abdeckung bei Untersuchungen der Gallenblase(G), des Magenreliefs(M) und des Magen-Darm-Traktes(MD)
Feldgröße am Film: 24cm x 3ocm (G) und (M), 35,5cm x 35,5cm (MD); FFA: 1oocm (G) und (MD), 7ocm (M); Gonadenschutz: Hodenkapsel Mavig und Ovarialprotektor;

Projektion (Untersuchungsart)	Röhrenspannung (kV)	mAs-Produkt	Oberflächendosis (rd)	Gonadenexposition (mrd) ohne Gonadenschutz	Gonadenexposition (mrd) mit Gonadenschutz	Reduktionsfaktor
(LWS)						
a.p.	11o	5o	1,o	m. 1,6 w. 44,8	o,4 43,1	4 (HK2) 1
a.p.	7o	64	1,5	m. 1,6 w. 29,8	o,3 29,9	5 (HK2) 1
seitl.	11o	16o	3,3	m. 1,9 w. 1oo	1,o 99	1,9 (HK2) 1
seitl.	77	16o	5,2	m. o,8 w. 69	o,3 67	2,7 (HK2) 1
(KuS)						
a.p.	73	64	1,5	m. 4o,6 m. 4o,6 m. 4o,6 w. 332	17,1 15,1 31,2 91	2,4 (HK1) 2,7 (HK2) 1,3 (HK3) 4
seitl.	81	16o	5,6	m. 18,7 m. 18,7 m. 18,7 w. 543	4,5 1,2 3,8 2o4	4 (HK1) 16 (HK2) 5 (HK3) 2,7

Tab. 4 Gonadenexposition mit und ohne Abdeckung bei Untersuchungen der Lendenwirbelsäule(LWS) und des Kreuz- und Steißbeins(KuS)

Feldgröße am Film: 24cm x 3ocm; FFA: 1oocm, Hartstrahlaufnahmen (LWS) 15ocm; Gonadenschutz: Hodenkapsel Dr.Goos(HK1), Hodenkapsel Mavig(HK2), Gonadenschutz Abele und Geiger(HK3), Ovarialprotektor;

Projektion (Untersuchungsart)	Röhrenspannung (kV)	mAs-Produkt	Oberflächendosis (rd)	Gonadenexposition (µrd) ohne Gonadenschutz	Gonadenexposition (µrd) mit Gonadenschutz	Reduktionsfaktor
(OA) a.p.	57	25	o,2	m. 1o7 w. 89	41 36	2,6 2,5
(UA) a.p.	63	4o	o,4	m. 56 w. 62	23 14	2,4 4
(H) d.v.	52	2o	o,1	m. 9 w. 7	5 1	1,8 7
(OS) a.p.	63	25	o,3	m. 4223 w. 148	1o99 17	4 9
(US) a.p.	57	25	o,3	m. 187 w. 13	37 2	5 7

Tab. 5 Gonadenexposition mit und ohne Abdeckung bei Untersuchungen des Oberarms(OA) bei sitzenden Patienten, des Unterarms(UA), der Hand(H), des Oberschenkels mit Knie(OS) und des Unterschenkels(US)
Feldgröße am Film: 24cm x 3ocm (OA), 18cm x 24cm (UA) und (H), 3ocm x 4ocm (OS), 2ocm x 4ocm (US); FFA: 1oocm; Gonadenschutz: Halbschürze;

Projektion (Untersuchungsart)	Röhrenspannung (kV)	mAs-Produkt	Gonadenexposition(mrd)		Reduktionsfaktor
			ohne Gonadenschutz	mit Gonadenschutz	
(SN)					
a.p.	75	3x2oo	m. 2,5 w. 4,8	o,3 2,9	8 1,7
(SL)					
a.p.	66	8x 77	m. o,4 w. o,3	<o,o1 o,o4	>2o 8
(AN)					
a.p.	73	11x 5o	m. 5,2	1,o	5
(AA)	3x73 2x66 2x55 2x48 3x48				
a.p.		12x 5o	m. 885	1,1	>2o
(CTN)					
a.p.	13o	12x276	m. 1,8 w. 2o,3	1,3 2o,3	1,4 1
(CTA)					
a.p.	13o	29x276	m. 51	1,o	>2o

Tab. 6 Gonadenexposition mit und ohne Abdeckung bei

a) Schichtaufnahmen der Niere (3 Schichten, SN) und der Lunge (8 Schichten, SL)

b) Angiographien der Niere (11 Aufnahmen, AN) und des Abdomens bis zum Unterschenkel (5 Einstellungen mit insgesamt 12 Aufnahmen, AA)

c) Computertomographien der Niere (12 Schnitte à 12mm, CTN) und des Abdomens (29 Schnitte à 12mm, CTA)

Feldgröße am Film: 24cm x 3ocm (SN), 35cm x 35cm (SL) und (AN); FFA: 115cm (SN) und (SL), 1oocm (AN) und (AA); Gonadenschutz: Halbschürze (SN), (SL), (AN) und (CTN), Hodenkapsel Mavig (AA) und (CTA);

2.6 Einige Meßergebnisse aus der Literatur

Die Angaben von Gonadendosen in der Literatur (Tab.7) sind innerhalb der einzelnen röntgendiagnostischen Untersuchungen mit großen Schwankungen behaftet. Das ist zum Teil bedingt durch die Art wie die Untersuchung durchgeführt wird, durch objektbedingte Unterschiede (z.B.Phantom,Patient) und durch unterschiedliche Detektorsysteme (z.B.Film-Folien-Kombinationen, Aufnahmen vom BV, Rastertypen, etc.).
Ein weiterer Grund ist sicherlich in der Natur der Dosimetersysteme zu suchen, mit denen die Messungen durchgeführt worden sind. In den sechziger Jahren standen zu diesem Zweck Filmdosimeter und mehr oder weniger großvolumige Ionisations - und Kondensatorkammern zur Verfügung. Der Meßfehler war relativ hoch.
Dann wurden immer häufiger kleinervolumige und genauere Ergebnisse liefernde Festkörperdosimeter eingesetzt, zunächst Glasdosimeter (Anfang 197o), dann Thermolumineszenzdosimeter (TLDs). Mit letzteren gelang die Registrierung immer kleinerer Dosen bei wachsender Genauigkeit, die ausgehend vom TLD-Material LiF (etwa 1974) zur Zeit mit dem Material CaF_2 ihren bisher höchsten Wert erreicht hat.

Untersuchungsart	Gonadendosen in mrd	Literatur
Schädel	o,75 - 4	/13/
BWS	1,8 - 9,2	/13/
Thorax	um o,2	/13/
Galle	7 - 6oo	/13/
Magen	7 - 6oo	/13/
Magen-Darm	1o - 2oo	/13/
LWS	16 - 94o	/13/
Oberschenkel	o,5	/14/
Oberschenkel - Arteriographie	♂ 55o[1)] ♀ 1oo	/14/
CT Niere	♂ <3 - 9 ♀ 36o - 48o	/15/

1) Hoden im Nutzstrahl

Tab. 7 Übersicht über einige in der Literatur angegebene Gonadendosen bei einzelnen röntgendiagnostischen Maßnahmen

Die in der Literatur angegebenen Werte über die Reduzierung der Gonadendosen durch Patientenschutzkleidung beziehen sich in erster Linie aus naheliegenden meßtechnischen Gründen auf Röntgenuntersuchungen am Mann und auf Aufnahmen, bei denen die Gonaden im Nutzstrahlenfeld oder zumindest in dessen Nähe liegen.
Die von den einzelnen Autoren ermittelten Reduktionsfaktoren

sind aufgrund der unterschiedlich gewählten Untersuchungsparameter nur schwer vergleichbar, sie entsprechen aber in ihrer Größenordnung den in dieser Arbeit dargestellten Ergebnissen (Tab.8).

Untersuchungsart bzw. Lage der Gonaden zum Feld		Reduktionsfaktor	Patientenschutz	Literaturstelle
Hoden im Strahlenfeld	6okV	39	Hodenkapsel (Pb-Gleichwert 2mm)	/16/
	8okV	3o	"	/16/
Hoden 8cm außerhalb des Feldes	6okV	2,7	"	/16/
	8okV	2,5	"	/16/
Hüftaufnahmen b. Kindern (Gonaden im Feld)	54kV	>1oo	Bleiabdeckung (1mm)	/17/
Becken a.p.	65kV	25-28	Bleigummiabdeckung(1mm)	/18/
LWS	68kV	3- 5	"	/18/
Beckenübersicht (Gonaden außerhalb des Feldes)	8okV	11	indir. Bleiabdeckung(2mm) [1]	/19/
	8okV	16	Bleigummiabdeckung	/19/
Magen-Duodenum	8o-11okV	1o-25	Hodenkapsel (1mm)	/2o/
Schädelangiographie	65- 78kV	2,8	Bleigummiabdeckung(o,5mm) [2]	/21/
Mammographie	28- 3okV	in der Größenordnung von 1 [3]	Bleigummiabdeckung(o,25mm)	/22/
Schädel CT				
- b. Kind	133kV	2o	Bleigummiabdeckung(o,5mm)	/23/
- b. Erwachsenen	133kV	18	"	/23/

1) am Lichtvisier angebracht
2) zwischen Kopf und Körper des Patienten befestigt
3) eine genaue Bestimmung des Reduktionsfaktors war aufgrund der äußerst geringen Gonadendosen nicht möglich

Tab.8 Übersicht über einige in der Literatur angegebene Reduktionsfaktoren von Patientenschutzkleidung

3. Diskussion

3.1 Die Höhe der Gonadenbelastung

Einen großen Einfluß auf die Höhe der durch Streustrahlung erzeugten Gonadendosis haben Größe und Abstand des eingeblendeten Feldes von den Keimdrüsen. Dies ist bei einer Aufnahmenserie mit konstanten Parametern ersichtlich, wenn bei abnehmender Entfernung des Feldes von den Gonaden die dort applizierte Dosis in signifikanter Form ansteigt. Aufgrund der unterschiedlichen anatomischen Lage der männlichen und weiblichen Keimdrüsen muß diese Gesetzmäßigkeit bei einigen Untersuchungen, wie Oberschenkel- oder Abdomenaufnahmen, für jedes Geschlecht gesondert gewertet werden.
Wird die Feldgröße erhöht, z.B. von 18 cm x 24 cm auf 24 cm x 3o cm, vergrößert sich das durchstrahlte Körpervolumen, in dem die Streustrahlung erzeugt wird. Das wiederum hat eine höhere Gonadendosis zur Folge.
Auch eine Erhöhung der Röhrenspannung bewirkt oft mehr Streustrahlung, da Streuprozesse bei höheren Photonenstrahlenergien im Vergleich zu Absorptionsprozessen überwiegen. Es zeigt sich, daß dadurch die Gonadendosen mit wachsender Röhrenspannung nahezu exponentiell ansteigen. Dieser Anstieg ist sehr deutlich sichtbar bei Feldern, die weit von den Gonaden entfernt liegen (z.B. Schädel oder Lunge) und ist bei Ovardosen ausgeprägter als bei Hodendosen. Hier wirkt sich der schon erwähnte Effekt einer stärkeren Streuung der energiereichen Strahlen (über 1oo kV) insofern besonders drastisch aus, als harte Streustrahlung auf ihrem Weg durch den Körper vom Entstehungsort (durchstrahltes Volumen) bis zum Zielorgan (hier: Gonaden) weniger absorbiert wird als weichere Streustrahlung.

Auch die Projektion hat einen Einfluß auf die Gonadenexposition. Im anterior-posterioren Strahlengang werden sowohl die Ovarien als auch die Hoden am stärksten durch Streustrahlung belastet. Bei seitlicher und posterior-anteriorer Projektion dagegen sorgt die Abschirmwirkung einzelner Körperpartien für eine Reduzierung der Strahlenexposition im Gonadenbereich. So beträgt z.B. bei der a.p.-Aufnahme der Gallenblase die Ovarexposition 1o,2 mrd, in p.a.-Projektion bei sonst gleichen Bedingungen 5,5 mrd. Ähnliches gilt für die Hodenexposition.
Es ist fast trivial, zu erwähnen, daß eine lineare Beziehung zwischen der Gonadendosis und dem mAs-Produkt besteht. Wird aus aufnahmetechnischen Gründen ein höheres mAs-Produkt benötigt, steigt auch die Gonadendosis im gleichen Umfang an. Die Gonadenexposition durch Streustrahlung ist also bei den Röntgenaufnahmen besonders hoch, bei denen die Feldgrenze eine geringe Entfernung zu den Hoden oder Ovarien hat, die mit hoher Röhrenspannung vorgenommen werden und die ein hohes mAs-Produkt erfordern. Die Gonadenexposition durch Nutzstrahlung dagegen ist bei a.p.-Aufnahmen höher als im p.a.-Strahlengang, steigt selbstverständlich mit wachsendem mAs-Produkt, reduziert sich aber mit wachsender Röhrenspannung, da die Absorption härterer Strahlung in Gewebe geringer ist. Diese Gesetzmäßigkeiten lassen sich sehr deutlich am Beispiel von LWS- bzw. HWS-Aufnahmen demonstrieren: Eine seitliche LWS-Hartstrahl-Aufnahme belastet die Ovarien mit 1oo mrd, während eine seitliche HWS-Aufnahme nur zu 7 µrd führt. Die entsprechenden Werte für die Hoden betragen 2 mrd bei der LWS- und 5 µrd bei der HWS-Aufnahme. Die genetische Belastung bei Aufnahmen in Keimdrüsennähe liegt somit, wie auch aus anderen Beispielen zu entnehmen ist, um ein Vielfaches höher als bei Röntgenuntersuchungen im Thorax- oder Schädelbereich.

Dieser gravierende Unterschied der Gonadenexposition sollte bei Überlegungen über die Indikation von Röntgenaufnahmen eine Rolle spielen. Besonders genetisch gefährdend sind Aufnahmen von Kreuz- und Steißbein, LWS und beim Mann die des Oberschenkels. Hinzu kommen Untersuchungen mit großen Aufnahmeserien,wie z.B. bei der Angiographie oder Tomographie oder bei Durchleuchtungsuntersuchungen mit Zielaufnahmen üblich. Die Gonadenexposition ist bei diesen genannten Untersuchungen im Durchschnitt ungefähr um den Faktor 1ooo größer als bei Aufnahmen der oberen Extremität, der Lungen, des Schädels oder der HWS.

3.2 Wirksamkeit des Gonadenschutzes

3.2.1 Hodenschutz

Bei den Aufnahmen im Bereich des Abdomens - außer beim Nieren CT - wurde beim männlichen Patienten als Gonadenschutz die Hodenkapsel der Fa. Mavig (HK2) eingesetzt, bei den Kreuz- und Steißbeinaufnahmen auch die beiden anderen Hodenprotektoren der Firmen Dr. Goos (HK1) und Abele und Geiger (HK3), die sich im Vergleich zur HK2 als weniger wirksam erwiesen.
Aufgrund ihrer Halbschalenstruktur eignet sich die HK3 nicht gut, den hauptsächlich vom Körper ausgehenden Streustrahlenanteil abzuschirmen. Dadurch ähnelt diese Schutzeinrichtung in ihrer Wirkungsweise mehr einer Halbschürze als einer Hodenkapsel.
Die Vorteile der Mavig-Hodenkapsel (HK2) gegenüber der HK1 liegen wohl in einer engeren Öffnung und einem besonderen Verschlußmechanismus, der zu teilweiser Überlappung des Bleigummis und dadurch an einigen Stellen zur Verdoppelung des Bleigleichwertes führt.

Bei den Aufnahmen der Extremitäten, des Schädels und des Thorax wurde, wie auch in der Praxis üblich, die Halbschürze als Gonadenschutz verwendet. Durch diese Maßnahme wurde ein überraschend hoher, für die Halbschürze sonst nicht unbedingt typischer Reduktionsfaktor erzielt. Der Wert liegt im Bereich dessen, was man sonst mit der Hodenkapsel bei Abdomenuntersuchungen beobachtet.

Die Verringerung der Hodenexposition ist, von einer Ausnahme abgesehen, optimal bei allen Aufnahmen, deren Feldgrenze mehr als 3o cm von den Hoden entfernt liegt. Voraussetzung für einen hohen Reduktionsfaktor ist eine anterioposteriore Projektion. So wurde bei p.a.-projizierten Lungen- und Schädelaufnahmen durch Anlegen der Halbschürze keine, bei seitlich projizierten Lungenaufnahmen nur eine mäßige Verringerung der Hodendosis erreicht, bei Lungen- und Schädelaufnahmen in a.p.-Projektion jedoch eine Reduzierung um die Faktoren 14 bis über 2o, je nach Röhrenspannung.
Ein wichtiger Parameter bei Überlegungen über die Wirksamkeit von Bleiabdeckungen ist die Röhrenspannung.
Bei a.p.-Aufnahmen der Lunge betrug der Reduktionsfaktor der Halbschürze bei einer Spannung von 6o kV mehr als 2o, bei 12o kV um 2o und bei 15o kV um 14. Mit wachsender Spannung nimmt also die Wirksamkeit von Abdeckungen gegen Störstrahlung ab, eine Beobachtung, die zunächst trivial erscheint.

Ein deutlich positiver Effekt der Abdeckungen ist in jedem Fall bei Aufnahmen zu verzeichnen, bei denen die Hoden direkt im Nutzstrahl liegen (z.B. Angiographie des Abdomens bis zum Unterschenkel) oder sich zumindest an der Feldgrenze befinden (z.B. CT des Abdomens mit äußerster Schicht in Höhe der Symphyse). Bei beiden Untersuchungen konnte durch die Hodenkapsel eine Verminderung der Hodendosis um einen

Faktor größer als 2o erreicht werden.
Folgende Gründe können zum einen für die unterschiedliche Wirksamkeit der Patientenabdeckungen , zum anderen für die Notwendigkeit, Einrichtungen dieser Art sinnvoll einzusetzen, genannt werden. Abgesehen von den unterschiedlichen, schon erwähnten Qualitäten des jeweiligen Gonadenschutzes spielen diese Überlegungen eine große Rolle:
1) Mit zunehmender Entfernung der Feldgrenze von den Gonaden nimmt die dort absorbierte Dosis nahezu exponentiell ab (Abb.2), wobei zwei Effekte zusammenwirken: Erstens gilt das quadratische Abstandsgesetz und zweitens wird die vom Nutzstrahlenfeld ausgehende Streustrahlung auf ihrem Weg bis zu den Gonaden zum Teil von den dazwischenliegenden Körperabschnitten absorbiert. Je weiter also das bestrahlte Feld von den Gonaden entfernt liegt, umso geringer ist demnach die für die Keimdrüsen relevante Streustrahlung aus dem Körper des Bestrahlten. Das kann soweit gehen, daß als gonadenbelastender Anteil in erster Linie die Gehäusedurchlaßstrahlung in Frage kommt, die gemäß der Röntgenstrahleranordnung an Rasteraufnahmetischen oft senkrecht auf den Gonadenschutz trifft und dadurch zu einem großen Teil gut abgeschirmt werden kann.

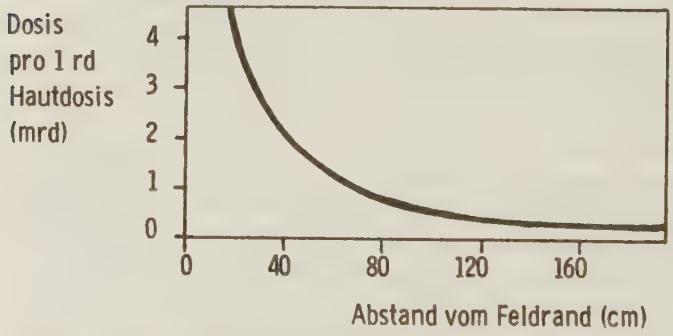

Abb.2 Abhängigkeit der Gonadendosis(in mrd) pro 1rd Oberflächendosis von dem Abstand unterer Feldrand - Gonaden /25/

Diese Abschirmung ist nur dann effektiv, wenn die Hoden dem Röntgenstrahler zugewandt sind; dies ist bei anterior-posteriorer Projektion der Fall /24/.
Muß die Gehäusedurchlaßstrahlung aber den Körper erst noch durchdringen, bevor sie den Hoden erreicht, wie bei p.a.- oder seitlicher Projektion, kann eine Bleiabdeckung keine wesentliche Herabsetzung der Hodendosis bewirken.

2) Wie schon angedeutet, wirkt sich eine geringe Röhrenspannung auf die Effektivität von Abdeckungen positiv aus. Liegen die Gonaden im Nutzstrahlenbereich, so ist der mit fallender Röntgenstrahlenenergie zunehmende Absorptionskoeffizient für Blei allein für dieses Verhalten verantwortlich.
Werden die Gonaden bei a.p.-Projektion durch Störstrahlung exponiert, ist die Abhängigkeit des Schwächungsgrades von der Strahlenenergie komplizierter /24/:
Mit abnehmender Röhrenspannung wird die Intensität der durch die Bleiabschirmung der Röhrenhaube aufgehärteten Gehäusedurchlaßstrahlung deutlich geringer. Zusätzlich erhöht sich aufgrund der verringerten Strahlenenergie die Abschirmwirkung von Patientenabdeckungen. Was die Strahlenintensität betrifft, so wird deren Größenordnung durch zwei gegensinnig wirkende physikalische Ereignisse bestimmt: Abnehmende Strahlenenergie bedeutet zwar weniger Streustrahlung durch Comptoneffekte, dafür aber mehr Absorptionsereignisse im von der Nutzstrahlung getroffenen Körpervolumen. Letzteres verlangt aber dann zur Erzielung konstanter Filmschwärzungen erhöhte Nutzstrahlenintensitäten, was wiederum die Wahrscheinlichkeit für Streueffekte vergrößert. Unabhängig von diesen Überlegungen beobachtet man bei Erniedrigung der Röhrenspannung eine Zunahme weicher Anteile im Streustrahlenspektrum und damit eine Verbesserung der Abschirmwirkung von Patientenschutzkleidung.

3.2.2 Ovarschutz

Ähnliche Gesetzmäßigkeiten, die die Wirksamkeit der Gonadenabdeckung beim Mann beeinflussen, sind auch auf Überlegungen über die Verringerung der Ovardosis mittels Halbschürze oder bei Aufnahmen im Abdomenbereich (Ausnahme: Nieren-CT) mittels Ovarialprotektor anzuwenden.
Aufgrund der unterschiedlichen anatomischen Lage der männlichen und der weiblichen Keimdrüsen wurden in der Größenordnung der Reduktionsfaktoren bei den einzelnen Aufnahmen signifikante Unterschiede festgestellt.
Z.B. ist die Abdeckung am effektivsten bei den Röntgenuntersuchungen der unteren Extremität mit Reduktionsfaktoren 9 (Oberschenkel) bzw. 7 (Unterschenkel).
Dieses Ergebnis wird begünstigt durch die vergleichsweise große Entfernung der Feldgrenze von den Ovarien.
Auch bei den Untersuchungen von Unterarm und Hand zeigten die Meßergebnisse, daß bei der Frau eine wirkungsvollere Gonadenabschirmung als beim Mann möglich ist. Die Begründung dafür ist wohl in der Tatsache zu suchen, daß der während der Aufnahme sitzende Patient im Bereich des Hodens durch die nicht korrekt anlegbare Halbschürze weniger gut geschützt werden kann, als das bei den Ovarien der Frau der Fall ist. Gemittelt über alle möglichen Aufnahmen in der Röntgendiagnostik ist durch Abdeckungen beim Mann eine effektivere Reduzierung der Gonadenexposition zu erreichen. Erklären läßt sich diese Tatsache einerseits durch das quadratische Abstandsgesetz, da bei den meisten Aufnahmen die weiblichen Gonaden in geringerer Entfernung vom Nutzstrahlenfeld liegen. Andererseits erlaubt die anatomische Lage der Ovarien - anders als beim Hoden - keinen separaten Schutz gegen die vom durchstrahlten Zielvolumen ausgehende Streustrahlung. Der Ovarialprotektor

ist bei den Aufnahmen, bei denen sich die Ovarien nicht direkt im Nutzstrahl befinden tatsächlich nahezu sinnlos. Erst bei sehr großem Abstand der Ovarien von der Feldgrenze zeigen Abdeckungen gewisse Wirkungen.
Auch ist eine ausgeprägte Differenz der Wirksamkeit der Halbschürze bei unterschiedlicher Projektion nicht zu beobachten, da die tiefer im Körper liegenden Ovarien in a.p.-Projektion der Gehäusedurchlaßstrahlung nicht so direkt wie die Hoden ausgesetzt sind.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß die Strahlenexposition der Ovarien, bedingt durch die Schwierigkeit, vom Körper ausgehende Streustrahlen abzuschirmen, bei röntgendiagnostischen Maßnahmen insgesamt höher angesetzt werden muß als die Strahlenexposition der Hoden.

3.2.3 Wann ist die Benutzung von Gonadenschutz sinnvoll?

Die Effizienz eines Gonadenschutzes bei einer Röntgenuntersuchung wird abgesehen von dessen Reduktionsfaktor auch von der bei dieser Untersuchung tatsächlich applizierten Gonadenexposition bestimmt.

So ist die Verringerung der Gonadendosis bei einer Lungen-a.p.-Aufnahme um den Faktor größer als 2o zwar beeindruckend, jedoch auch ohne Gonadenschutz kann die im Verlaufe dieser Arbeit gemessene Hodendosis von 5o µrd genetisch als wenig relevant bezeichnet werden, so daß einer weiteren Reduzierung keine allzu große Bedeutung beizumessen ist.
Ist es aber möglich, wie bei der seitlichen LWS-Aufnahme(11okV), die Hodendosis von 1,9 auf 1,o mrd zu senken, so bewirkt diese Maßnahme eine absolute Dosiseinsparung viel größeren Umfanges, obwohl der Reduktionsfaktor vergleichsweise gering ausgefallen ist. Entscheidend für die Beurteilung von Patientenabdeckungen ist somit mehr die Differenz zwischen Gonadendosis ohne und mit Schutzeinrichtungen als der Reduktionsfaktor.

4. Schlußfolgerungen

Die oft recht umständlich zu handhabenden und daher im praktischen Röntgenbetrieb selten eingesetzten Hodenkapseln erzielen aber eindeutig den größtmöglichen Strahlenschutz für die männlichen Gonaden. Sie sollten wenigstens bei Röntgenuntersuchungen an Kindern und Jugendlichen und bei in der Nutzstrahlung liegenden Hoden benutzt werden.
Die Benutzung des Ovarialprotektors empfiehlt sich nur, wenn die Ovarien in der Nutzstrahlung liegen; sonst ist die Halbschürze vorzuziehen.
Aufgrund ihrer unproblematischen Anwendungsmöglichkeit sollte die Halbschürze sowohl bei männlichen als auch bei weiblichen Patienten in den Fällen angewandt werden, bei denen es möglich ist, die Gonadendosis wirklich um einen signifikanten Betrag zu senken (vgl. Tab.1-6).

Tab. 9 gibt einen Überblick über die Art und Weise, wie aufgrund der in dieser Arbeit gewonnenen Erkenntnisse Patientenschutzkleidung bei röntgendiagnostischen Untersuchungen sinnvoll eingesetzt werden kann.
Diese Empfehlung sollte ausreichen, die in § 23 Abs.1 ("Schutz der Keimdrüsen"), § 25 ("Grundsätze bei der Röntgenuntersuchung des Kopfes und der Gliedmaßen") und § 28 Abs. 3 ("Anwendung von Röntgenstrahlen auf Säuglinge, Kinder und Jugendliche") der Röntgenverordnung festgelegten Bestimmung einzuhalten.

Untersuchungsart	empfohlene Schutzmaßnahmen
obere Extremität, Mammographie(vgl. Tab.8)	keine Patientenschutzkleidung erforderlich
Schädel, Lunge, HWS	a.p.: Halbschürze p.a. und seitl.: keine Patientenschutzkleidung erforderlich
BWS, LWS, Niere, Magen, Gallenblase, Magen-Darm-Übersicht, Oberschenkel	Halbschürze
Unterschenkel	bei männl. Patienten: Halbschürze bei weibl. Patienten: keine Patientenschutzkleidung erforderlich
Kreuz- und Steißbein, Abdomen-CT, Angiographie Abdomen bis Unterschenkel	bei männl. Patienten: Hodenkapsel bei weibl. Patienten: nach Möglichkeit Ovarialprotektor

Tab. 9 Bei röntgendiagnostischen Maßnahmen empfohlene Patientenschutzkleidung

5. Literaturverzeichnis

1 Deutscher Bundestag, 8. Wahlperiode, Bericht der Bundesregierung über "Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung im Jahre 1975" vom 22.4.77, Verlag Dr. Hans Heger, Bonn 1977

2 Angerstein, W., Beiträge zur Ermittlung der genetisch signifikanten Dosis durch die Röntgendiagnostik, Dt. Gesundh.-Wesen 33(1978) Heft 35

3 Angerstein, W., Über den Leistungsumfang der Röntgendiagnostik in einigen Ländern, Dt. Gesundh.-Wesen 33 (1978) Heft 28

4 Verordnung über den Schutz vor Schäden durch Röntgenstrahlen (Röntgenverordnung - RöV) vom 1. März 1973, Bundesgesetzblatt Teil I, 173

5 DIN 6814 Blatt 5, Begriffe und Benennungen in der radiologischen Technik, April 1972, Beuth-Verlag, Berlin-Köln 1972

6 Veröffentlichungen der Internationalen Strahlenschutzkommission ICRP, Heft 16, Strahlenschutz. Schutz des Patienten in der Röntgendiagnostik, (dt. Ausgabe hrsg. v. Bundesgesundheitsamt Berlin) Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1974

7 Veröffentlichungen der Internationalen Strahlenschutzkommission ICRP, Heft 15 u. 21, Schutz gegen ionisierende Strahlung aus äußeren Quellen. Daten zum Schutz gegen ionisierende Strahlung aus äußeren Quellen, (dt. Ausgabe hrsg. v. Bundesgesundheitsamt Berlin) Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1976

8 DIN 6813, Röntgen-Schutzkleidung, -Schutzkanzeln und -Schutzwände, März 1962, Beuth-Verlag, Berlin-Köln 1962 (inzwischen Neuauflage erschienen: Strahlenschutzzubehör bei medizinischer Anwendung von Röntgenstrahlen bis 3oo kV)

9 Lorenz, W., Strahlenschutz in Klinik und ärztlicher Praxis, Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1961

1o Liebe, M. A., Verwendung von CaF_2-Thermolumineszenzdosimetern zur Bestimmung der Strahlenexposition in der Röntgendiagnostik, med. Diss., Düsseldorf 1978

11 Gesetz über Einheiten im Meßwesen vom 2. Juli 1969, Bundesgesetzblatt Teil I, 1969 Nr.55, 7o9 - 712

12 Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften vom 27.9.76

13 Ewen, K., Daten und Fakten zum Strahlenschutz in der Röntgendiagnostik, VDGAB-Nachrichten (hrsg. v. Minister für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes NW) 77 (1975) 2

14 Ewen, K., G. Schmitt, Grundlagen des praktischen Strahlenschutzes an medizinischen Röntgeneinrichtungen, Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart 1975

15 Mödder, U., K. Ewen, Die Strahlenexposition bei abdominellen Untersuchungen mit der Ganzkörper-Computertomographie, Röntgen-Bl. 32 (1979) 15 - 19

16 Stieve, F. E., Untersuchungen zur Reduzierung der Strahlenbelastung der männlichen Keimdrüsen, Fortschr. Röntgenstr. 9o, 3 (1959) 373 - 386

17 Kainberger, F., Strahlenbelastung bei Röntgenuntersuchungen der Hüfte, Röntgen-Prax. 3o, 3 (1977) 61 - 66

18 Ardran, G. M., H. E. Crooks, Gonad radiation dose from diagnostic procedures, Brit. J. Radiol. 3o (1957) 295 - 297

19 Correll, R., U.Plischke, H. Dresel, M. Joos, Gonadenschutz bei Beckenaufnahmen, Röntgen-Bl. 29 (1976) 137 - 142

2o Vogel, H., H. Löhr, U. Bruhn, C.-J. Höper, Strahlendosen bei der Röntgendiagnostik des Verdauungstraktes, Röntgen-Prax. 3o, 11 (1977) 275 - 287

21 Fiebach, O., K. Ewen, E. Löhr, Ergebnisse dosimetrischer Untersuchungen bei der Schädelangiographie an verschiedenen Angiographieeinrichtungen, Fortschr. Röntgenstr. 12o, 5 (1974) 573 - 577

22 Kainberger, F., W. Kallinger, Dosismessungen bei der Mammographie, Strahlenschutz in Forschung und Praxis 18 (1977) 1o4 - 11o

23 Ewen, K., O. Fiebach, P. G. Fischer, Die Strahlenexposition durch Nutz- und Streustrahlung bei Computertomographien, Electromedica 45, 1 (1977) 7 - 8

24 Ewen, K., O. Fiebach, P. G. Fischer, E. Löhr, Die Qualität der Störstrahlung im Ovarbereich bei röntgendiagnostischen Untersuchungen, Fortschr. Röntgenstr. 126, 2 (1977) 165 - 168

25 Stieve, F. E., Strahlenschutz des Patienten im Strahlenschutzkurs für Ärzte, Verlag Hildegard Hoffmann, Berlin 1974

D A N K S A G U N G

Herrn Prof. Dr. Günther vom Institut und der Klinik für Medizinische Strahlenkunde der Universität Düsseldorf danke ich für die Bereitstellung des Themas und seine Aufgeschlossenheit gegenüber den Problemen der Arbeit.
Außerdem bedanke ich mich beim Dienststellenleiter der Zentralstelle für Sicherheitstechnik, Strahlenschutz und Kerntechnik (ZfS), Herrn Lt. RD Dr. Haack, für seine Erlaubnis, einen großen Teil der Arbeit in den Diensträumen der ZfS ausführen und die Laboreinrichtungen benutzen zu dürfen.
Darüber hinaus gilt mein Dank besonders Herrn ORR Dr. Ewen von der ZfS für seine engagierte Betreuung der Arbeit, wobei mir vor allem seine Beratung bei physikalischen Fragestellungen hilfreich war.

L E B E N S L A U F

Am 10. Oktober 1952 wurde ich als Sohn der Eheleute Bernhard Vallo und Maria geb. Plengemeyer in Osnabrück geboren.
Nach dem Besuch der Grundschule wechselte ich Ostern 1963 auf das Gymnasium Carolinum Osnabrück. Dort bestand ich im Mai 1971 die Reifeprüfung.
Bis zum Beginn meines Wehrdienstes im April 1972 arbeitete ich 7 Monate im Marienhospital Osnabrück.
Vom Wintersemester 1973/74 bis zum Sommersemester 1975 studierte ich an der Universität Bielefeld Linguistik und Literaturwissenschaft.
Im Wintersemester 1975/76 begann ich mein Medizinstudium an der Universität Düsseldorf und trat dort im Oktober 1980 meine Ausbildung im 3. klinischen Studienabschnitt an.